

《工程师思维与问题解决能力》课程教学改革与实践探索—以土木工程学院智能建造系学生培养为导向

胡智淇¹, 杨斌^{1,*}, 高华国¹, 费爱萍¹, 田雨泽¹, 李嘉奇¹

1. 辽宁科技大学, 土木工程学院, 辽宁 鞍山, 114051

摘要: 面向新工科建设与建筑业数字化、智能化转型需求,《工程师思维与问题解决能力》课程承担着培养学生系统思维、问题建模、方案评估与工程表达能力的重要任务。课程应围绕复杂工程问题识别、分析、分解、解决全过程展开,并服务于智能建造专业毕业要求中对复杂问题识别、简化分析和全周期方案设计能力的达成。但在实际教学中,仍存在内容抽象、案例脱离专业、知识迁移不足、考核过程性不强等问题。为此,本文结合土木工程学院智能建造系学生特点,提出“真实问题驱动、课程群协同、案例项目贯通”的教学改革思路,构建“思维方法—工程建模—方案比选—表达复盘”四位一体教学体系,并以辽宁科技大学校园天桥动载荷分析为典型案例,将结构力学、土木工程材料、智能监测与工程决策等知识融合到课程教学中。实践表明,该改革有助于提升学生对复杂工程问题的识别、分解、建模与优化能力,促进抽象知识具象化、专业知识场景化和课程目标可达成化。

关键词: 工程师思维; 问题解决能力; 教学改革; 智能建造; 案例教学; 土木工程

Teaching Reform and Practice of the Course “Engineer Thinking and Problem-Solving Ability” — Oriented to Students of the Intelligent Construction Program in the School of Civil Engineering

Zhiqi Hu¹, Bin Yang^{1,*}, Huaguo Gao¹, Aiping Fei¹, Yuze Tian¹, Jiaqi Li¹

1. University of Science and Technology Liaoning, School of Civil Engineering, Anshan, Liaoning, 114051, China

Abstract: In response to the demands of emerging engineering education and the digital and intelligent transformation of the construction industry, the course Engineer Thinking and Problem-Solving Ability plays an important role in cultivating students' systematic thinking, problem modeling, scheme evaluation, and engineering communication skills. The syllabus of this course at the University of Science and Technology Liaoning clearly states that the course should focus on the whole process of identifying, analyzing, decomposing, and solving complex engineering problems, and should support the achievement of graduation requirements related to complex problem identification, simplified analysis, and whole-process scheme design for the Intelligent Construction major. However, in actual teaching practice, there are still some problems, such as overly abstract content, insufficient connection between cases and the discipline, weak knowledge transfer, and inadequate process-oriented assessment. In view of this, based on the characteristics of students in the Intelligent

Construction program of the School of Civil Engineering, this paper proposes a teaching reform approach featuring real-problem orientation, curriculum-group coordination, and the integration of case teaching with project-based learning. A four-in-one teaching system of “thinking methods–engineering modeling–scheme comparison–expression and reflection” is constructed. Taking the dynamic load analysis of the pedestrian overpass on the campus of the University of Science and Technology Liaoning as a typical case, this study integrates knowledge of structural mechanics, civil engineering materials, intelligent monitoring, and engineering decision-making into the teaching process. Practice shows that this reform helps improve students’ abilities in identifying, decomposing, modeling, and optimizing complex engineering problems, and promotes the concretization of abstract knowledge, the contextualization of professional knowledge, and the effective attainment of course objectives.

Keywords: Engineer's thinking; Problem-solving ability; Teaching reform; Intelligent construction; Case teaching; Civil engineering

随着新工科建设的持续推进和建筑业数字化转型的不断深化,土木工程类专业人才培养正由传统的知识传授模式逐步转向面向复杂工程问题的综合能力培养^[1-3]。智能建造作为土木工程、信息技术、智能技术深度交叉融合形成的新型专业方向,对学生的问题识别、系统分析、方案设计、技术集成和工程表达能力提出了更高要求^[4]。因此,在课程体系建设中,如何将工程思维训练与专业场景有效结合,已经成为智能建造人才培养中的重要问题。

已有研究表明,智能建造及土木工程专业课程改革应更加突出案例驱动、项目导向、课程群协同和实践教学,以增强学生对抽象理论知识的理解和迁移应用能力^[5]。特别是对于应用型高校学生而言,如果课程长期停留在概念讲授和结论传递层面,学生往往难以建立“知识—问题—场景—方案”之间的有效联系,进而影响其分析和解决复杂工程问题能力的形成^[6]。因此,围绕真实工程问题构建教学内容、组织教学活动、设计考核方式,是提升课程教学效果的重要路径。

《工程师思维与问题解决能力》是辽宁科技大学智能建造专业能力拓展模块中的必修课程,主要内容包括工程师思维基础与系统分析、工程问题分析与建模、工程解决方案设计与评估、工程问题解决实践与表达等。课程目标强调学生应能够运用系统思维和逻辑分析方法识别复杂工程问题、建立简单模型,并针对具体工程场景提出合理可行的解决方案。

从课程定位来看,该课程既是专业基础课程向综合实践课程过渡的重要桥梁,也是培养学生工程素养和问题解决能力的重要载体。基于此,本文结合土木工程学院智能建造系学生特点,对《工程师思维与问题解决能力》课程开展教学改革研究,并以辽宁科技大学校园天桥动载荷分析为典型案例,探讨如何借助真实工程问题引导学生深化专业知识理解,实现抽象知识的具象化和方法训练的工程化。

1 课程教学现状与主要问题

从课程定位看,本课程虽属于能力拓展类课程,但先修课程包括结构力学、土木工程材料、混凝土结构基本原理,后续课程包括绿色建筑与可持续建设管理、智能建造施工技术,实际上承担着专业基础课与综合实践课之间的重要衔接功能。

如果教学中只停留在通用方法讲授层面,就难以有效支撑学生毕业要求中关于复杂工程问题识别、分析和方案设计能力的达成。与此同时,相关研究也指出,土木工程及智能建造课程改革必须

强化工程情境、实验实践和专业案例支撑，否则学生难以形成真正的工程思维与应用能力^[1-3, 5]。

表1 《工程师思维与问题解决能力》课程教学中的主要问题

序号	主要问题	具体表现	对学生能力影响
1	内容偏抽象	系统思维、逻辑树、层次分析等内容多停留在概念讲授	学生“会说不会用”
2	案例脱离专业	案例偏管理学或通用创新案例，缺少土木工程场景	难以与智能建造专业知识迁移衔接
3	课程群联系弱	与结构力学、材料、监测、施工技术联动不足	难形成综合分析能力
4	实践训练不足	缺少现场观察、数据判读、方案比选等任务	工程判断与表达能力薄弱
5	过程考核不强	平时任务碎片化，结课报告“突击完成”现象明显	课程目标达成支撑不足

2 教学改革目标与总体思路

2.1 改革目标

本课程改革以智能建造专业学生培养需求为导向，围绕知识、能力和素养三个维度展开。知识层面，要求学生掌握工程师思维的基本理念、常用问题分析工具和方案评价方法；能力层面，要求学生能够针对土木工程实际问题进行问题识别、因素分解、简化建模、方案设计与比较优化；素养层面，要求学生形成工程责任意识、安全意识、团队协作意识和一定的创新意识，契合新工科背景下工程教育改革的总体方向^[1-4]。

2.2 总体思路

课程改革总体采用“真实问题驱动、案例项目贯通、课程群协同支撑”的思路，将课程内容重构为“思维方法—工程建模—方案比选—表达复盘”四位一体教学链条。即以真实土木工程问题引入思维方法教学，以案例分析推动知识迁移，以项目式学习强化全过程训练，以反思和汇报促进学生形成完整的问题解决闭环。这种改革路径既符合工程思维培养规律，也与近年来智能建造专业课程改革中强调的项目式、情境化和复合型能力培养思路一致^[1-3]。

表2 课程教学改革总体设计

模块	改革重点	实施方式	对应能力
方法教学	系统思维、因果分析、逻辑树、层次分析法	课堂讲授+即时演练	问题识别与分解
案例嵌入	将思维方法嵌入土木工程场景	校园工程案例、监测数据案例	建模与因素分析
项目训练	小组完成真实问题解决方案	项目汇报、报告撰写	方案设计与评估
反思表达	强调复盘与工程沟通	答辩、互评、教师点评	表达与持续改进

3 课程改革的具体措施

3.1 以真实工程问题重构教学内容

将教学内容划分为工程师思维基础与系统分析、工程问题分析与建模、工程解决方案设计与评估、工程问题解决实践与表达四个模块。

在教学改革中，不能简单按模块逐项讲授，而应围绕工程问题构建“问题链”。即先呈现真实问题，再引入相应分析工具和理论知识，最后回到工程场景完成问题求解。这样能够有效避免抽象理论与专业应用脱节的问题。

例如，在讲授“问题分解与逻辑树”时，可以不从抽象定义入手，而是从“校园天桥在人流高

峰时为何会产生振感”这一现象出发,引导学生从荷载特征、结构形式、支承条件、阻尼水平、使用方式等维度分解问题;在讲授“多方案决策”时,则引导学生比较增加刚度、增设阻尼装置、优化通行组织和布设监测系统等措施的优缺点。已有研究表明,工程教育中基于真实情境的问题导向教学更有利于学生实现知识迁移和能力提升^[2,5,6]。

3.2 以校园案例推动抽象知识具象化

对于智能建造专业学生而言,校园内可直接接触的结构物是最适合的教学资源。校园工程案例具有场景真实、可达性强、观察方便和认知代入感强等特点,能够帮助学生把抽象知识转化为具体理解对象。因此,本课程优先选取校园天桥、教学楼楼板、连廊、楼梯平台等作为教学案例载体。

具体而言,可建立三类案例库:一是结构与荷载类案例,如校园天桥动载荷分析、楼板活荷载识别;二是监测与诊断类案例,如振动监测数据判读、异常位移识别;三是施工与组织类案例,如临时支撑方案比较、施工路径优化等。这样的案例体系既覆盖智能建造专业核心知识,又有助于学生在低门槛、强场景的环境中开展工程思维训练^[1,3,5]。

3.3 以课程群协同增强知识迁移

从培养方案上看,《工程师思维与问题解决能力》课程既以前续专业基础课程为支撑,又为后续综合应用课程服务。因此,改革中应主动强化课程群协同。在“问题建模”部分,要回扣结构力学中关于荷载简化、结构受力和边界条件假设的知识;在“方案比选”部分,应引入土木工程材料课程中的强度、耐久性、经济性约束;在“数据判读”部分,则可以对接智能监测、传感器布置和数据可靠性分析内容;在“绿色决策”部分,可结合绿色建筑与可持续建设管理课程内容,增强学生全生命周期视角。相关研究指出,智能建造专业人才培养的关键之一,就是通过课程群协同打通“结构—施工—管理—数字化”之间的知识壁垒^[1-3]。

3.4 以项目式学习强化全过程训练

重点考查学生对复杂工程问题的识别、问题分解、方案设计、评估和表达能力。因此,教学实施中应以项目式学习为抓手,将课程考核与教学过程一体化设计。具体可将小组项目分为四个阶段:第一,工程问题识别与定义;第二,关键因素分解与简化建模;第三,多方案设计与比选;第四,工程报告撰写与答辩复盘。这样既能形成连续的过程评价,也能促使学生真正经历“发现问题—分析问题—解决问题—表达问题”的完整链条。问题解决能力研究也表明,项目式任务和持续性反馈更能促进学生形成高阶思维能力^[5,6]。

4 教学实施案例:辽宁科技大学校园天桥动载荷分析

4.1 案例设计思路

校园天桥是学生日常频繁接触的结构设施。在上下课高峰期,集中人流可能导致桥面出现一定振动感,这一现象具有较强的现实感知性和讨论价值。教师可围绕“天桥为什么会振动”、“振动是否意味着不安全”、“应从结构、设备还是管理层面进行改进”等问题,引导学生进入工程分析情境。该案例可以有效对应课程目标中关于问题识别、模型建立、方案比较和工程表达的训练要求。

4.2 教学实施流程

在实施过程中,教师不要求学生完成过于复杂的精细有限元分析,而是强调工程中的合理简化与初步判断。例如,学生可将天桥简化为单跨或连续梁结构,将行人荷载视为周期性动态作用,在此基础上分析桥梁刚度、自振频率与人群步频之间的关系,并讨论可能的舒适度问题。随后,再组

织学生从技术可行性、经济性、施工便利性和管理效果等角度,比较增大结构刚度、附加阻尼装置、优化人流组织和布设监测系统等措施。

表3 天桥动载案例教学流程设计

Table 3 Teaching Process Design for the Pedestrian Overpass Dynamic Load Case

教学环节	核心任务	学生输出
问题提出	观察通行高峰振感现象, 界定分析对象	问题陈述
问题分解	从荷载、结构、环境、使用方式四维拆解问题	逻辑树/因果图
简化建模	将天桥视为简化梁系, 提取跨度、支承、刚度、阻尼等参数	简化模型图
方案比选	比较增大刚度、增加阻尼、优化通行组织、布设监测等方案	方案比选表
结果表达	撰写报告并进行汇报答辩	项目报告/PPT

4.3 案例教学的价值分析

该案例的核心价值在于,它帮助学生认识到工程师并不是简单套用公式的人,而是需要先界定问题边界、识别关键变量、建立合理假设,再据此形成分析和决策方案的人。通过这一过程,结构力学中的动载荷、固有频率、共振、阻尼等抽象概念被转化为学生可以观察和讨论的真实对象,课程中的工程思维训练也由抽象走向具体。与此同时,学生还会理解到工程问题通常不存在唯一标准答案,真正的关键在于如何在安全、成本、实施难度和运行效果之间取得合理平衡。这种训练方式与工程教育中强调复杂问题解决、方案综合评价和实践表达的要求高度一致^[2-6]。

5 教学评价改革

评价体系在实施中更加强过程留痕和项目导向。教学中可通过阶段作业、小组讨论记录、案例分析表、汇报表现和终期报告等多元证据共同评价学生能力达成情况。相比单次考试,这种评价方式更符合工程思维训练的规律,也更有利于培养学生的综合分析和表达能力^[5, 6]。

表4 课程评价方式优化设计

Table 4 Optimized Design of the Course Evaluation System

评价类型	权重	改革要点
平时作业	20%	聚焦问题分解、逻辑树、模型草图等单项训练
线上学习	10%	围绕案例背景、工具方法和资料检索开展过程跟踪
结课报告	70%	提交完整工程问题解决解决方案报告并答辩

6 结语

《工程师思维与问题解决能力》课程是智能建造专业人才培养体系中的重要支撑课程。针对当前教学中存在的内容抽象、案例专业契合度不足、知识迁移不充分等问题,本文提出了以真实工程问题为牵引、以课程群协同为支撑、以项目式学习为主线的教学改革路径,并以辽宁科技大学校园天桥动载荷分析为例,说明如何将抽象思维训练嵌入土木工程具体场景中。实践表明,该改革能够有效提升学生的问题识别、结构化分析、模型建立、方案比选和工程表达能力,对智能建造专业相关课程建设具有一定参考价值。

参考文献

- [1] 刘占省, 白文燕, 杜修力. 智能建造专业新型数字化教学模式研究[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(5): 22-28.

- [2] 陈伟, 饶俊芳, 刘雯洁, 等. 基于 FAHP 方法的智能建造微专业课程设置研究[J]. 高等建筑教育, 2024, 33(3): 106-114.
- [3] 孙晓燕. 智能建造背景下《结构设计原理》教学创新与实践—以浙江大学为例[J]. 高等建筑教育, 2022, 31(6): 140-146.
- [4] 宫晓利. 工程思维[M]. 北京: 机械工业出版社, 2025.
- [5] 陈燕华. 学会解决问题: 解决复杂问题的简单方法[M]. 北京: 机械工业出版社, 2023.
- [6] 马会中, 马会栓. 土木工程专业实验教学改革与探讨[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(8): 317-319.

基金项目: 新基建背景下“PBL+5E”教学模式助力智能建造专业应用型人才培养—以《流体力学》为例 (XJGKC202410); 2024 年度辽宁省研究生教育教学改革研究项目: 新基建背景下“十”字型智能建造人才的培养与实践—以《岩土工程测试技术》课程为例 (LNYJG2024094)。

第 1 作者简介: 胡智淇 (1991-), 男, 博士研究生, 讲师, 研究方向: 土木工程材料。 E-mail: anshanzq@126.com。

*** 通讯作者简介:** 杨斌 (1989-), 男, 博士研究生, 副教授, 研究方向: 多源信息融合与深度学习的尾矿库灾变智能预警研究, 矿山采动岩体突冒突涌防治及边坡工程稳定性研究。 E-mail: yangbin673039297@126.com。